

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-311454
(43)Date of publication of application : 07.11.2000

AF

(51)Int.Cl.

G11B 21/10

BEST AVAILABLE COPY

(21)Application number : 11-122033

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 28.04.1999

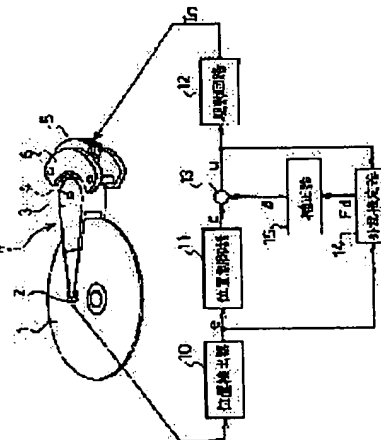
(72)Inventor : INAJI TOSHIO

(54) DISK DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a disk device being inexpensive and having high track density in which deviation of tracking of a head caused by the eccentricity of a disk can be suppressed.

SOLUTION: This disk device is constituted so that a position detecting means 10 generates an error signal (e) corresponding to the position of a head 2 from servo information of a disk, a position control means 11 generates a control signal (c) corresponding to an error signal (e), a disturbance estimating means 14 forms a disturbance estimating signal F_d indicating magnitude of position disturbance from a drive signal (u) inputted to a drive circuit 12 driving an actuator means 7 and the error signal (e) and output it to a compensating means 15, and the drive signal (u) is compensated from a compensating signal β formed by the compensating means 15 and the control signal (c) formed by the position control means 11.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-311454

(P2000-311454A)

(43) 公開日 平成12年11月7日 (2000.11.7)

(51) Int.Cl.

G 1 1 B 21/10

識別記号

F 1

G 1 1 B 21/10

キーワード (参考)

L 5 D 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平11-122033

(22) 出願日 平成11年4月28日 (1999. 4. 28)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 稲治 利夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100062926

弁理士 東島 隆治

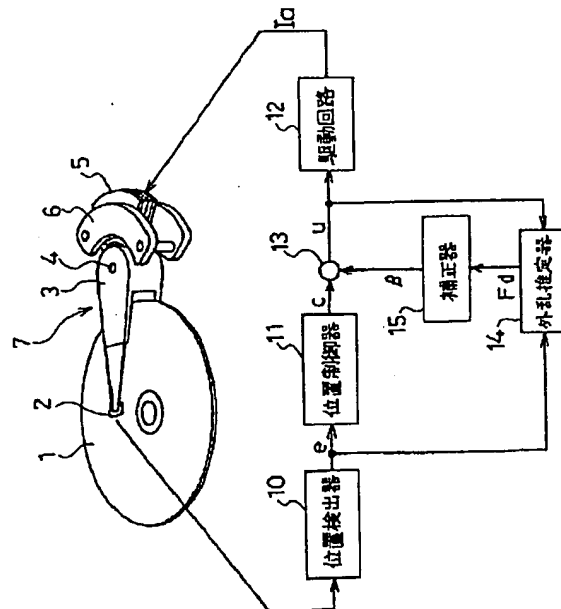
Fターム (参考) 5D096 AA02 CC01 EE03 GG06 KK01

(54) 【発明の名称】 ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 ディスクの偏心によるヘッドのトラッキングずれを抑制することのできる、低価格で高トラック密度のディスク装置を提供すること。

【解決手段】 本発明のディスク装置は、位置検出手段10がディスクのサーボ情報からヘッド2の位置に対応する誤差信号eを生成し、位置制御手段11が誤差信号eに応じた制御信号cを生成し、外乱推定手段14がアクチュエータ手段7を駆動する駆動回路12へ入力される駆動信号uと前記誤差信号eから位置外乱の大きさを示す外乱推定信号Fdを形成して補正手段15に出力し、補正手段15が形成した補正信号βと位置制御手段11が形成した制御信号cから駆動信号uを補正するよう構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスクに対してデータの記録再生を行うヘッド、

駆動信号が入力されて前記ヘッドを前記ディスクの目標トラックと対向する位置へ移動させるアクチュエータ手段、

前記アクチュエータ手段に駆動電力を供給する駆動手段、

前記ヘッドにより検出された前記ディスクのサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段、

前記誤差信号に対応した制御信号を生成し出力する位置制御手段、

前記誤差信号と前記駆動信号から前記ヘッドに加わる位置外乱の大きさを推定し、外乱推定信号を出力する外乱推定手段、

入力された前記外乱推定信号における特定周波数の信号を補正し補正信号を出力する補正手段、及び前記制御信号と補正信号から駆動信号を生成し出力する加算手段、を具備することを特徴とするディスク装置。

*20 【数1】

$$1 + \frac{2\xi n \omega n (s + 2\xi o \omega o) s^2}{\omega o^2 (s^2 + 2\xi n \omega n \cdot s + \omega n^2)} \quad \text{--- (1)}$$

(ここで、sはラプラス演算子、 ξn 、 ξo は所定の正の定数、 ωn は補正手段の補正を行う特定周波数に対応した角周波数、 ωo は外乱推定手段の高域遮断周波数に対応した角周波数とする)で算出される伝達関数を有する請求項1記載のディスク装置。

【請求項4】 補正手段の特定周波数が、ディスクの偏心周波数に等しくなるよう設定された請求項1、2または3記載のディスク装置。

【請求項5】 ディスクに対してデータの記録再生を行うヘッド、

駆動信号が入力されて前記ヘッドを前記ディスクの目標トラックと対向する位置へ移動させるアクチュエータ手段、

前記アクチュエータ手段に駆動電力を供給する駆動手段、

前記ヘッドにより検出された前記ディスクのサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応する誤差信号を生成し出力する位置検出手段、

前記誤差信号に対応した制御信号を生成し出力する位置制御手段、

前記誤差信号と前記制御信号から前記ヘッドに加わる位置外乱の大きさを推定し、外乱推定信号を出力する外乱推定手段、

前記外乱推定信号が入力され、補正信号を出力する補正手段、

前記制御信号と前記補正信号から駆動信号を生成し出力する加算手段、

*【請求項2】 前記外乱推定手段は、前記位置検出手段の生成した誤差信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段、

前記第1の乗算手段の出力が入力される比較手段、

前記加算手段の生成した駆動信号に第2の係数を乗算する第2の乗算手段、

前記比較手段の出力に第3の係数を乗算する第3の乗算手段、

前記比較手段の出力に第4の係数を乗算する第4の乗算手段、

前記第2の乗算手段の出力と前記第4の乗算手段の出力との加算値を積分する第1の積分手段、及び前記第1の積分手段の出力と前記第3の乗算手段の出力との加算値を積分する第2の積分手段を具備し、

前記比較手段が前記第1の乗算手段の出力と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を第3の乗算手段と第4の乗算手段へ出力するよう構成された請求項1記載のディスク装置。

【請求項3】 補正手段は、式(1)

を具備することを特徴とするディスク装置。

【請求項6】 外乱推定手段は、前記位置検出手段の生成した誤差信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段、

前記第1の乗算手段の出力が入力される比較手段、

前記制御信号に第2の係数を乗算する第2の乗算手段、

前記比較手段の出力に第3の係数を乗じる第3の乗算手段、

前記第2の乗算手段の出力を積分する第1の積分手段、及び前記第1の積分手段の出力と前記第3の乗算手段の出力との加算値を積分する第2の積分手段を具備し、

前記比較手段が前記第1の乗算手段の出力と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を第3の乗算手段へ出力するよう構成された請求項5記載のディスク装置。

【請求項7】 外乱推定手段は、高域周波数成分を遮断して外乱推定信号を出力するよう構成した請求項1又は5記載のディスク装置。

【請求項8】 外乱推定手段の遮断周波数は、ディスクの偏心による角周波数より高くなるように構成された請求項1又は5記載のディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ヘッドや光ヘッドなどの記録再生ヘッドをアクチュエータにより記録媒体であるディスクの目標トラックの所望の位置へ高精度に位置決めを行うディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置は、小型化、大容量化が急速に進んでいる。特に磁気ディスク装置の大容量化に対応して、磁気ディスクのトラック密度の高密度化が進み、トラックピッチはさらに狭くなる傾向にある。そのため、磁気ディスク装置では、磁気ディスクにデータを記録再生するため、磁気ヘッドを狭いトラックピッチで形成された目標トラックに高い精度で位置決めすることが必要になってきている。従来の磁気ディスク装置においては、磁気ヘッドを位置決めするために、磁気ディスクにサーボ情報をあらかじめ形成しておき、このサーボ情報に従って磁気ヘッドの位置決め制御が行われている。すなわち、従来の磁気ディスク装置では、サーボ情報を磁気ヘッドで読み取ることにより、目標トラックに対する磁気ヘッドの位置誤差を示す誤差信号を生成し、この誤差信号が最小となるよう磁気ヘッドは位置決め制御されている。

【0003】従って、磁気ヘッドの位置決め精度を高めるためには、磁気ヘッドの位置決め制御系の制御周波数を高く設定して、磁気ヘッドを目標トラックに迅速に位置決めし、必要な位置決め精度を確保していた。しかし、位置決め機構のアクチュエータ自体には高次の機械共振が存在する場合があり、その場合に位置決め精度を高めるため制御周波数を高くすると、その機械共振により位置決め制御が不安定となるという問題があった。従って、実際にはアクチュエータ自体の高次の機械共振により位置決め制御系の制御周波数の帯域は制限されるため、位置決め制御系の制御周波数を高めることには限界があった。特に、スピンドルモータの回転周波数と同じ周波数で回転する磁気ディスクの偏心によるトラックずれに対しては、磁気ディスク装置において高精度な位置決め状態を保持して磁気ヘッドを目標トラックに追従させることが極めて困難であった。

【0004】次に、高次の機械共振を有するアクチュエータの場合の位置決め制御における問題点について説明する。図9は、慣性モーメントを持つ回動型アクチュエータに入力される駆動信号に対する磁気ヘッドの変位量の伝達特性を示す周波数特性図である。図9に示す周波数特性図において、慣性モーメントを持つ回動型アクチュエータは、入力された駆動信号に対する磁気ヘッド変位量のゲイン特性が、角周波数の上昇に伴って -40 dB/dec （ディケード）の減衰比で減衰している。また、図9に示すように、伝達特性の位相特性は、角周波数の低域において既に約 -180° の位相遅れを生じている。さらに、角周波数の高域においては、回転軸の軸受けばねに起因する固有振動が周波数特性に現れて、この周波数特性のゲイン特性には共振点31と反共振点32が発生する。これらの共振点31と反共振点32においてゲイン特性が急激に変化し、位相特性は -180° から約 -360° までさらに位相遅れが発生して

いる。

【0005】従って、図9に示すような伝達特性を有するアクチュエータを使用する場合、例えば公知の位置決め制御機構を用いて位置決め制御系の安定化のため位相補償（位相進み補償）を行っても、共振点31以上の角周波数に位置決め機構の制御帯域を上げることができなかった。最近の磁気ディスクは磁気ヘッドの位置決め制御系の制御帯域を高域まで拡大することができず、高い位置決め精度を補償することはできなかった。この結果、従来の磁気ディスク装置において、磁気ディスクの偏心量の大きさによっては、従来の位置決め制御機構だけでは磁気ヘッドの位置決め精度を補償することはできなかった。

【0006】従来の磁気ディスク装置において、磁気ディスクの偏心に対して磁気ヘッドの位置決め制御系における位置決め精度を高める方法がいくつか提案されている。位置決め精度を高める方法を提案した例として、特開平1-220138号公報に開示された光学式情報記録再生装置がある。特開平1-220138号公報にはディスクの1回転分の偏心情報をメモリに格納し、偏心の位相に合わせて格納したデータを読み出し、アクチュエータの駆動信号に偏心を打ち消すための信号成分を重畳するという方法が開示されている。すなわち、この方法は偏心成分が周期信号であることを利用して偏心情報を学習し、学習した結果に基づいてフィードフォワード制御を行うという方法である。

【0007】また、特開平2-246063号公報にはヘッド位置決め制御回路が開示されている。特開平2-246063号公報のヘッド位置決め制御回路は、磁気ディスクの回転数と同じ基本周波数の正弦波を正弦波発生器において発生させて、その正弦波を磁気ヘッドにより磁気ディスクから再生した位置誤差信号に基づき最適な位相および大きさに調整している。このヘッド位置決め制御回路は、調整された正弦波をフィードフォワード信号として位置フィードバックループ系に加えることにより、磁気ヘッドの位置決め精度がディスク偏心による低下を補償している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】磁気ディスク装置の高トラック密度化の目的で磁気ディスクの偏心に対して位置決め精度を確保するためには、前者（特開平1-220138号公報）の方法では、ディスク1回転分の偏心情報を格納するためのメモリが必要となり、後者（特開平2-246063号公報）の方法では、ディスクの回転数と同じ基本周波数を発生させるための正弦波発生器が必要であった。このため、従来のディスク装置においてはメモリや正弦波発生器を設けねばならず、またこれらを実装するために回路基板面積を大きくしなければならず、装置が大型化し、製造価格が上昇するといった問題があった。

【0009】本発明は、アクチュエータ自体に高次の機械共振が存在し、ヘッドの位置決め制御系の制御帯域をあまり高めることができない場合でも、ディスクの偏心情報を格納するメモリやディスクの回転数と同じ基本周波数の正弦波発生器を設ける必要がなく、偏心しているディスクに対して位置決め精度の高いディスク装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明に係るディスク装置は、ディスクに対してデータの記録再生を行うヘッド、駆動信号が入力されて前記ヘッドを前記ディスクの目標トラックと対向する位置へ移動させるアクチュエータ手段、前記アクチュエータ手段に駆動電力を供給する駆動手段、前記ヘッドにより検出された前記ディスクのサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段、前記誤差信号に対応した制御信号を生成し出力する位置制御手段、前記誤差信号と前記駆動信号から前記ヘッドに加わる位置外乱の大きさを推定し、外乱推定信号を出力する外乱推定手段、入力された前記外乱推定信号における特定周波数の信号を補正し補正信号を出力する補正手段、及び前記制御信号と補正信号から駆動信号を生成し出力する加算手段を具備する。

【0011】この本発明のディスク装置によれば、スピンドルモータの回転数に等しい角周波数の補正信号で補正した駆動信号に基づいてアクチュエータを駆動できる。従って、ディスクの偏心による位置外乱に対して、高精度な位置決め状態を保持してヘッドを目標のトラックに追従させることができる。その結果、ディスクの偏心情報を格納するメモリやディスクの回転数と同じ基本周波数の正弦波発生器を設ける必要がない。

【0012】また、本発明の他の観点のディスク装置は、ディスクに対してデータの記録再生を行うヘッド、駆動信号が入力されて前記ヘッドを前記ディスクの目標トラックと対向する位置へ移動させるアクチュエータ手段、前記アクチュエータ手段に駆動電力を供給する駆動手段、前記ヘッドにより検出された前記ディスクのサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応する誤差信号を生成し出力する位置検出手段、前記誤差信号に対応した制御信号を生成し出力する位置制御手段、前記誤差信号と前記制御信号から前記ヘッドに加わる位置外乱の大きさを推定し、外乱推定信号を出力する外乱推定手段、前記外乱推定信号が入力され、補正信号を出力する補正手段、前記制御信号と前記補正信号から駆動信号を生成し出力する加算手段を具備する。

【0013】この発明のディスク装置によれば、スピンドルモータの回転数に等しい角周波数の補正信号で補正した制御信号に基づいてアクチュエータを駆動できる。従って、ディスクの偏心による位置外乱に対して、ヘッドが高精度な位置決め状態を保持して、所望のトラック

に追従することができる。その結果、ディスクの偏心情報を格納するメモリやディスクの回転数と同じ基本周波数の正弦波発生器を特別に設けることもなく偏心成分を抑制することができる。また、駆動信号に代えて制御信号を外乱推定器に入力するため、外乱推定器の構成を簡単にしてヘッドの位置決め精度を向上させることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るディスク装置の好適な一実施例としての磁気ディスク装置について添付の図面を参照しつつ説明する。

【0015】《実施例1》図1は本発明に係る実施例1の磁気ディスク装置の主要部の構成を示すブロック図である。図1において、スピンドルモータ（図示なし）により回転する磁気ディスク1には磁気ヘッド2によりデータが記録再生される。磁気ヘッド2は軸受4の回りを回転するアーム3の一端に搭載されており、アーム3の回転動作により磁気ヘッド2は磁気ディスク1の目標トラックと対向する位置に移動される。アクチュエータ7の固定子6の駆動コイル5と対向する面にはマグネット（図示せず）が配置されており、このマグネットが発生する磁束と位置決め制御系の駆動回路12から駆動コイル5に通電される駆動電流1aとの相互作用によりアーム3は回転するよう構成されている。アクチュエータ7は、磁気ヘッド2、アーム3、軸受4、駆動コイル5、及び固定子6により構成されている。

【0016】図1に示すように、実施例1の磁気ディスク装置における位置決め制御系は、磁気ヘッド2の位置を検出する位置検出器10、制御信号cを生成する位置制御器11、及び駆動コイル5に駆動電流1aを供給する駆動回路12を有している。また、位置決め制御系には、位置外乱を推定して外乱推定信号Fdを出力する外乱推定器14、外乱推定信号Fdが入力されて補正信号βを生成する補正器15、及び制御信号cと補正信号βを加算する加算器13が設けられている。磁気ディスク1の各セクタには予め位置信号が記録されており、この位置信号は磁気ヘッド2により読み込まれる。位置検出器10は、磁気ヘッド2により読み込まれた位置信号により磁気ヘッド2の現在位置を検出し、目標トラックの目標位置との差を示す誤差信号eを生成する。位置制御器11は、位置検出器10で生成された誤差信号eが入力されて、増幅および位相補償が行われ、制御信号cを生成し、加算器13に出力する。外乱推定器14には、位置検出器10の出力する誤差信号eと加算器13から駆動回路12へ入力される駆動信号uが入力され、アクチュエータ7に対して外部から加わる位置外乱を推定し、外乱推定信号Fdを出力する。補正器15は、外乱推定器14から出力された外乱推定信号Fdの特定周波数の信号を補正して補正信号βを出力する。加算器13は、位置制御器11の出力する制御信号cと補正器15

で生成される補正信号 β とを加算処理し、駆動信号 u として駆動回路12へ出力する。駆動回路12は、入力された駆動信号 u に応じて駆動コイル5に電流 I_a を通電し、アーム3を軸受4の回りに回転させる。この結果、アーム3の先端に取り付けられた磁気ヘッド2は、目標トラックに対向する位置まで移動される。上記のように構成された実施例1のディスク装置において、外部から加えられた位置外乱によって生じる目標トラックに対する位置ずれは、形成された補正信号 β により打ち消すよう構成されている。

【0017】[位置決め制御系の動作]次に、実施例1のディスク装置の位置決め制御系の動作について図2を用いて説明する。図2は、実施例1のディスク装置におけるヘッド位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図であり、図中の一点鎖線で囲んだ部分が外乱推定器14のブロック線図であり、同じく破線で囲んだ部分が補正器15のブロック線図である。なお、図2において、 s はラプラス演算子を表わすものである。また、図2において、セクタサーボのサンプリングによる時間遅れ要素については、公知の位相補償で対応できるため説明を簡単にするためこれを省略する。図2において、磁気ヘッド2の検出した現在トラック位置を x とすれば、目標トラックの位置 r に対する位置誤差 ε は、下記式(2)で表わされ、この位置誤差 ε は減算器61で得られる。

【0018】

【数2】

$$\varepsilon = r - x \quad \text{--- (2)}$$

【0019】図2において、ブロック41で表わされる位置検出器10は、減算器61の出力する位置誤差 ε の伝達関数 K_d 倍の誤差信号 $e (= K_d \cdot \varepsilon)$ を生成する。ここで伝達関数 K_d は位置検出器10の検出感度を示す。ブロック42で表わされる位置制御器11は、位置検出器10から出力される誤差信号 e に伝達関数 $G_c(s)$ のフィルタ処理を施し、制御信号 c を生成して、加算器13へ出力する。制御信号 c は加算器13を経由して駆動信号 u となり、ブロック43で表される駆動回路12に入力される。ブロック43の駆動回路12において、駆動信号 u は、電圧信号から g_m 倍の電流信号に変換され、電流 I_a を出力する。

【0020】ブロック44で表されるアクチュエータ7において、駆動コイル5に通電される電流 I_a は前述したマグネットの磁束との相互作用により伝達関数 K_f で駆動力 F に変換される。ここで、伝達関数 K_f はアクチュエータ7の力定数である。ブロック45の伝達関数は、アーム3に作用する駆動力 F から磁気ヘッド2の現在トラック位置 x への伝達特性を表わし、正確にはアーム3の慣性モーメント J とアーム3の長さ l を使って表わすべきところを、質量 M に等価変換して $1/Ms^2$ で表わしている。図2のブロック線図において、磁気ディスク1を回転させるスピンドルモータの軸の偏心など

により目標トラックが蛇行するような位置外乱 x_d は、ブロック45の後段の加算器66に入力される形に表現できる。

【0021】図2において、一点鎖線で囲んで示した外乱推定器14は、ブロック45の伝達関数 $1/Ms^2$ と同じ伝達関数を有しており、ブロック52、ブロック53およびブロック54が対応している。ブロック43に入力される駆動信号 u は、外乱推定器14のブロック51にも入力され、 $g_m \cdot K_f$ 倍することによりアーム3に作用する駆動力 F と同一の伝達関数により変換された駆動力信号 f が得られる。駆動力信号 f をブロック52において $1/M$ 倍して加速度推定信号 A_{est} が得られる。図2において、ブロック51とブロック52を併せたものを第2の乗算器50とする。第2の乗算器50から出力された加速度推定信号 A_{est} は、加算器63に入力され、加算器63は加速度推定信号 τ を出力する。加速度推定信号 τ はブロック53で表される第1の積分器に入力されて積分され、第1の積分器は速度推定信号 V_{est} を出力する。速度推定信号 V_{est} は、加算器64を経由してブロック54で表される第2の積分器に入力される。この第2の積分器において再度積分され、位置推定信号 X_{est} が形成される。

【0022】磁気ヘッド2が、目標トラック位置 r にオントラックしているときは、 $r = 0$ と見なすことができ、式(2)から、磁気ヘッド2の現在トラック位置 x は、位置誤差 ε に負号を付加したものに等しくなる($\varepsilon = r - x = -x$)。従って、ブロック41から入力した誤差信号 e は、ブロック58で表される第1の乗算器に入力される。ブロック58において $-1/K_d$ 倍して求めたヘッド位置 $X (-e/K_d$ と等しい)とブロック54で求めた位置推定信号 X_{est} とは、減算器65に入力され、差信号 α が得られる。ブロック55で表される第3の乗算器には、上記の差信号 α が入力され、 g_1 倍されて、加算器64に加えられる。また、ブロック56で表される第4の乗算器には、差信号 α が入力され、 g_2 倍され、加算器63に加えられる。なお、ブロック55の係数 g_1 とブロック56の係数 g_2 は、外乱推定器14の動作を安定化するための定数であり、その詳細については後述する。次に、ブロック57において、減算器65からの差信号 α が $g_2 \cdot M$ 倍され、外乱推定信号 F_d を形成する。

【0023】なお、第1の乗算器(ブロック58)、第2の乗算器(ブロック51、52)、第3の乗算器(ブロック55)、第4の乗算器(ブロック56)、第1の積分器(ブロック53)、及び第2の積分器(ブロック54)は、それぞれアナログフィルタで構成されている。図2において破線で囲んで示した部分は補正器15のブロック線図である。この補正器15において、ブロック71は、伝達関数が $F(s)$ で表わされるフィルタであり、外乱推定器14から出力された外乱推定信号 F_d

の特定周波数の信号を補正し、信号 f_c を出力する。補正器15におけるブロック72は、信号 f_c を $1/g_m \cdot K_f$ 倍して補正信号 β を加算器13へ出力する。すなわち、補正器15は、外乱推定信号 F_d を $1/g_m \cdot K_f$ 倍することにより、アーム3に外乱推定信号 F_d に相当する大きさの駆動力を発生させるのに必要な駆動回路12への入力信号 β を形成する。

【0024】[外乱推定器14の動作]次に、外乱推定器14の動作について図3を参照して詳細に説明する。図3の(a)は、図2のブロック線図において、ヘッド位置Xの入力位置(減算器65)を等価的に変換移動して図2のブロック線図を整理したブロック線図である。図3の(b)は、図3の(a)のブロック線図を簡単に表現したブロック線図である。図2の減算器65で示すヘッド位置Xの入力点は、大きさを Ms^2x として、図3の(a)に示す減算器67の位置に等価的に変換することができる。図3の(a)の減算器67に着目すると、減算器67の出力である γ は下記式(3)のように表される。

【0025】

【数3】

$$\gamma = f - Ms^2x \quad \text{--- (3)}$$

【0026】次に、図2の加算器66に着目すると、下記式(4)の関係がある。

【0027】

【数4】

$$f = Ms^2(x - xd) \quad \text{--- (4)}$$

【0028】式(3)と式(4)とにより、減算器67の出力である γ は、磁気ヘッド2に加わる位置外乱 xd を Ms^2 倍し負号を付したものに等しくなる。ところで、位置外乱 xd を Ms^2 倍した Ms^2xd は、図2のブロック45の後段にあった位置外乱 xd の入力位置をブロック45の前段の位置に等価的に移動したときの入力に等しく、物理的にはアーム3に加わる加速度外乱 fd に等価変換したことになる。従って、図3の(a)のブロック線図より、アーム3に加わる加速度外乱 $fd (= Ms^2xd)$ から外乱推定信号 F_d までの伝達関数を求めると、下記式(5)に示すようになる。

【0029】

【数5】

$$F_d = \frac{g_2}{s^2 g_1 \cdot s + g_2} \cdot f_d \quad \text{--- (5)}$$

*

$$G_d(s) = \frac{s^2 + g_1 \cdot s}{s^2 + g_1 \cdot s + g_2} \quad \text{--- (8)}$$

【0037】図5は、式(8)の伝達関数 $G_d(s)$ の周波数特性を示したグラフであり、 $F(s)=1$ 、すなわち、ブロック71がない場合の周波数特性である。図5に示す伝達関数 $G_d(s)$ の周波数特性より自然角周波数 ω_0 より低い角周波数では、ゲインは0dB以下であり、角

*【0030】すなわち、図3の(a)の外乱推定器14のブロック線図は、図3の(b)に示すように簡単にできる。式(5)から、外乱推定器14は、図2の一点鎖線で囲んだブロック内のループによって、ヘッド位置Xと駆動信号 u から実際の加速度外乱 $fd (= Ms^2xd)$ を2次遅れ系で推定できることがわかる。ここで、2次遅れ系の自然角周波数を ω_0 、ダンピングファクタを ζ とすれば、外乱推定器14の動作を安定化する定数 g_1 及び g_2 はそれぞれ下記の式(6)及び式(7)で表される。

【0031】

【数6】

$$g_1 = 2\zeta\omega_0 \quad \text{--- (6)}$$

【0032】

【数7】

$$g_2 = \omega_0^2 \quad \text{--- (7)}$$

【0033】ここで、自然角周波数 ω_0 を、外部から磁気ディスク装置に加わる外乱の分布角周波数より十分高く選び、ダンピングファクタ ζ を0.7~1に選べば、外乱推定器14により加速度外乱 $fd (= Ms^2xd)$ を極めて正確に推定することができる。

【0034】[補正器15の動作]次に、補正器15の動作について説明する。まず、図2に示した補正器15を表わすブロックにおいて、ブロック71で示すフィルタ $F(s)$ が設けられていない場合、すなわち $F(s)$ が1である場合の実施例1のディスク装置の動作について説明する。図4の(a)は、図2のブロック線図において、補正器15の動作に関連する減算器13から加算器66までの部分を抜き出したブロック線図である。図4の(b)は、加算器66に加わる位置外乱 xd とブロック81に加わる加速度外乱 $fd (= Ms^2xd)$ とを、位置外乱 xd を用いて1つにまとめたブロック線図である。なお、図2のブロック線図と同一の機能を有するものについては同一の符号を付して重複した説明は省略する。

【0035】図4の(a)のブロック線図において、ブロック81は式(5)で表す伝達関数を有する。一方、加算器66には、図4の(b)に示すように、位置外乱 xd が下記式(8)で表されるブロック82の伝達関数 $G_d(s)$ を通して位置決め制御系に加えられる。

【0036】

【数8】

周波数 ω の下降にともなって-20dB/dec(ディケード)の減衰比で減衰している。すなわち、伝達関数 $G_d(s)$ は、式(6)、式(7)及び式(8)より、自然角周波数 ω_0 より低い角周波数を抑制することができる低域遮断フィルタ特性を有する。すなわち、スピンド

11

ルモータの偏心などにより、磁気ディスクの目標トラックが蛇行するような位置外乱 x_d が位置決め制御系に作用しても、実施例1の磁気ディスク装置は、外乱推定器14によりこの位置外乱 x_d を推定し、位置外乱に相当する外乱推定信号 $F_d (=Ms^2x_d)$ を駆動回路12に出力させる。従って、実施例1における位置決め制御系は、位置外乱 x_d を打ち消すように外乱推定信号 F_d を作用させるよう構成されている。

【0038】式(8)で表わされる伝達関数 $G_d(s)$ は、上述したように自然角周波数 ω_o より低い角周波数を抑制することができる低域遮断フィルタ特性を有している。従って、自然角周波数 ω_o を適当に大きく設定すれば、位置外乱 x_d による磁気ヘッド2の目標トラックからのトラッキングずれを抑制することができる。以上が、 $F(s)=1$ 、すなわち、補正器15において、ブロック71がない場合の磁気ディスク装置の動作である。

【0039】しかしながら、特に磁気ディスク装置の大

$$G_d(s) = 1 - \frac{g_2}{s^2 + g_1 \cdot s + g_2} \cdot F(s) \quad \text{--- (9)}$$

【0042】そこで、下記式(10)で表される $F(s)$ の特性のフィルタをブロック71に使用するとし

て

$$F(s) = 1 + \frac{2\zeta n \omega_n (s + g_1) s^2}{g_2^2 (s^2 + 2\zeta n \omega_n \cdot s + \omega_n^2)}$$

--- (10)

【0044】式(10)を式(9)に代入し、整理すると、このときの伝達関数 $G_d(s)$ は、下記式(11)で表される。

$$G_d(s) = \frac{s^2 + g_1 \cdot s}{s^2 + g_1 \cdot s + g_2} \cdot \frac{s^2 + \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta n \omega_n \cdot s + \omega_n^2}$$

--- (11)

【0046】式(11)において、右辺の乗算記号の左側の分数部分は式(6)及び式(7)より角周波数 ω_o より低い周波数を抑制することができる低域遮断フィルタ特性を示し、右辺の乗算記号の右側の分数部分はノッチ角周波数 ω_n 、ダンピングファクタ ζn のノッチフィルタの伝達特性を示している。

【0047】図6は、式(11)で表される伝達関数 $G_d(s)$ の周波数特性を示すグラフである。図6に示すように、この伝達関数 $G_d(s)$ は自然角周波数 ω_o より低い角周波数を抑制し、さらに角周波数 ω_n の特定の角周波数を大幅に抑制することができるフィルタ特性を有している。従って、実施例1のディスク装置において、ブロック71のフィルタ $F(s)$ の伝達特性を式(10)で表されるように選べば、磁気ディスクの回転における偏心などによる位置外乱 x_d が、あたかも式(11)および

12

*容量化のためにトラック密度を高めるため、トラックピッチが狭くなってくると、従来の装置においては微小のため特に問題とならなかった偏心などの位置外乱が無視できなくなる。実施例1の磁気ディスク装置は、外乱推定器14と補正器15の働きにより磁気ディスクの偏心した回転などの特定の角周波数の位置外乱に対しても、ヘッドの位置決め精度をさらに向上させることが可能である。

【0040】次に、 $F(s)$ が1でない場合の補正器15の動作について説明する。図2に示した補正器15のブロック71において、フィルタがない $F(s)$ が1のときに式(7)で表わされた伝達関数 $G_d(s)$ は、 $F(s)$ が約1のときには、 $F(s)$ が1の場合と同様に变形していく。その場合、伝達関数 $G_d(s)$ は下記式(9)で表わされる。

【0041】
【数9】

20※【0043】

【数10】

※

☆【0045】

【数11】

☆30

図6の遮断周波数特性を有するフィルタを通して位置決め制御系に加わったように作用する。従って、実施例1のディスク装置では自然角周波数 ω_o 以下の角周波数範囲において、1次の低域遮断特性で位置外乱を抑制することができる。さらに、実施例1のディスク装置は特定の角周波数 ω_n の位置外乱に対して大幅な位置外乱抑制効果が得られる。

【0048】従って、ノッチ角周波数 ω_n を磁気ディスク1の偏心回転の角周波数(例えば、磁気ディスクが1分間に7200回転している場合、偏心回転の角周波数は $2\pi \cdot 120 \text{ rad/sec}$)に設定すれば、磁気ディスク1の偏心回転などの特定角周波数での位置外乱 x_d によるトラッキングずれを抑制することができる。その結果、実施例1の磁気ディスク装置は、外乱推定器14の働きにより磁気ディスクの偏心回転などの位置外乱に対

50

して、ヘッドの位置決め精度を向上させることができる。

【0049】《実施例2》以下、本発明に係る実施例2の磁気ディスク装置について図7及び図8を参照しつつ詳細に説明する。図7は、本発明に係る実施例2の磁気ディスク装置の構成を示すブロック図である。図8は、実施例2の磁気ディスク装置における位置決め制御系のブロック線図である。なお、前述の実施例1の磁気ディスク装置と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。図7に示す実施例の磁気ディスク装置において、前述の実施例1と異なるところは、外乱推定器に入力される信号である。すなわち、実施例1の磁気ディスク装置は、位置検出器10の生成する誤差信号eと駆動信号uが外乱推定器14へ入力される構成であったが、実施例2の磁気ディスク装置は、位置検出器10の生成する誤差信号eと位置制御器11の生成する制御信号cとを外乱推定器24に入力するよう構成している。実施例2の外乱推定器24において推定された外乱推定信号Fdは、補正器25に入力されている。加算器23は、位置制御器11の出力する制御信号cと補正器25で生成される補正信号βとを加算し、得られた駆動信号uを駆動回路12へ入力する。

【0050】図8において、一点鎖線で囲んだ部分が、外乱推定器24のブロック線図である。外乱推定器24には、ブロック41で表される位置検出器10の生成する誤差信号eとブロック42で表される位置制御器11*

$$\begin{aligned} \tau &= A_{est} + g_2 \cdot \alpha \\ &= \frac{g_m \cdot K_f}{M} \cdot u + g_2 \cdot \alpha \end{aligned} \quad \text{--- (12)}$$

【0053】ところが、駆動信号uは、加算器13に着目して下記式(13)で表わされる。

【0054】

【数13】

$$u = c - \beta$$

$$\begin{aligned} &= c - \frac{1}{g_m \cdot K_f} \cdot F_d \\ &= c - \frac{M}{g_m \cdot K_f} \cdot g_2 \cdot \alpha \end{aligned} \quad \text{--- (13)}$$

【0055】したがって、式(12)及び式(13)より、信号τは、下記式(14)で表わすことができる。

【0056】

【数14】

$$\tau = \frac{g_m \cdot K_f}{M} \cdot c \quad \text{--- (14)}$$

【0057】式(14)をもとに、図3に示す実施例1の外乱推定器14のブロック線図を書き換えると、図8に示す外乱推定器24のブロック線図のようになる。

図8に示すように、位置制御器11の制御信号cがプロ

*の生成する制御信号cとが入力される。前述の実施例1の外乱推定器14においては、補正信号βの減算された駆動信号uを入力するため、加算器63が必要であり、第2の乗算器のブロック52の係数(1/M)を乗算して得られた加速度推定信号Aestと第4の乗算器のブロック56の係数(g₂)を乗算して得られた信号とを加算して得られた信号を第1の積分器のブロック53に入力していた。しかし、実施例2の外乱推定器24では、補正信号βが減算される前の制御信号cを入力する構成であるため、加算器は不要である。なお、図8において、実施例2においては、ブロック58が第1の乗算器、ブロック51およびブロック52を合わせたものが第2の乗算器、ブロック55が第3の乗算器を構成している。また、ブロック53が第1の積分器およびブロック54が第2の積分器を構成している。実施例2の外乱推定器24において、第1の乗算器、第2の乗算器、第3の乗算器、第1の積分器、及び第2の積分器は、それぞれアナログフィルタで構成されている。

【0051】[外乱推定器24の動作] 上記のように構成された実施例2の磁気ディスク装置における外乱推定器24の動作について、前述の実施例1の外乱推定器14の動作と比較して図3及び図8を参照しつつ説明する。まず、図3において、実施例1の外乱推定器14を構成する積分器53の入力信号をτとすれば、信号τは、加算器63に着目して下記式(12)で表される。

【0052】

【数12】

ック51の乗算器に入力され、ブロック51の出力はブロック52の乗算器に入力されている。このため、制御信号cに係数(g_m・K_f/M)を乗じることにより信号τを求めることができる。一方、外乱推定信号Fdは、ブロック72で表される補正器25に入力される。従って、前述の実施例1と同様に、磁気ディスクの偏心回転などにより目標トラックが蛇行するような位置外乱x_dが位置決め制御系に作用しても、この位置外乱x_dに相当する外乱推定信号Fdを外乱推定器24において推定し、位置外乱x_dを打ち消すように外乱推定信号Fdを作用させる。

【0058】従って、この外乱推定信号Fdを、ブロック72の補正器25に入力することにより、位置外乱x_dを打ち消すように作用させることができ、前述の実施例1と同様に、式(6)及び式(7)の自然角周波数ω₀を適当に大きく設定すれば、位置外乱x_dによる磁気ヘッド2の目標トラックからのトラッキングずれを抑制することができる。その結果、実施例2の磁気ディスク装置は、外乱推定器24の働きにより磁気ディスクの偏心回転などの位置外乱に対しても、ヘッドの位置決め精

度を向上させることができる。

【0059】このように、実施例2の磁気ディスク装置によれば、外乱推定器24の構成に必要な加算器と乗算器の数を実施例1の磁気ディスク装置に比べて削減することができる。従って、実施例1の磁気ディスク装置と比べてより簡単な構成で位置決め制御系に作用する位置外乱 x_d に相当する外乱推定信号 F_d を推定することが可能となり、簡単な構成にてヘッドの位置決め精度を向上させることができる。さらに、実施例2の磁気ディスク装置においては、加算器と乗算器の数を削減したことにより、位置決め制御系をアナログ回路などのハードウェアで実現する場合には、回路の調整を簡単化できる。また、位置決め制御系をソフトウェアで実現する場合には、演算処理による演算時間遅れを短縮することが可能である。

【0060】以上、実施例1及び実施例2の磁気ディスク装置では、外乱推定器の入力信号は、位置制御器の制御信号を入力するように構成したが、制御信号の代わりに駆動回路の出力する駆動電流信号を用いても同様の効果を得ることができることは言うまでもない。また、上述してきた各実施例では、乗算器や積分器はアナログ・フィルタで構成するもので説明したが、デジタル・フィルタで構成することも可能である。さらに、各実施例の位置決め制御系を構成する各部についてはコンピュータによるソフトウェアにより実現するようにしてもよい。なお、以上説明した各実施例では磁気ディスク装置で説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、例えば、光ディスク装置や光磁気ディスク装置等のディスクの位置外乱に対する位置制御系にも適用できる。

【0061】

【発明の効果】以上、実施例について詳細に説明したところから明らかなように、本発明は次の効果を有する。本発明のディスク装置によれば、ディスクの偏心回転などにより、ディスクの目標トラックが蛇行するような位置外乱が位置決め制御系に作用しても、この位置外乱に相当する外乱推定信号を外乱推定器により推定し、位置外乱を打ち消すように外乱推定信号を作用させることができる。従って、アクチュエータ自体に高次の機械共振が存在し、ヘッドの位置決め制御系の制御帯域をあまり高めることができない場合でも、ディスクの偏心回転などの位置外乱に対してヘッドの位置決め精度をさらに向上させることが可能となり、トラック密度を従来より高めることにより大容量のディスク装置を実現することができる。

【0062】また、本発明のディスク装置によれば、外

乱推定器と補正器の働きによりディスクの偏心回転などの特定の角周波数の位置外乱に対して、ヘッドの位置決め精度を向上させることが可能である。従って、ディスク1回転分の偏心情報を格納するためのメモリや、ディスクの回転数と同じ基本周波数の正弦波を発生する正弦波発生器を特別に設ける必要がない。その結果、装置の小型化および低価格化を阻害することがなく、高トラック密度化に向けてディスクの偏心に対しても位置決め精度の高いディスク装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る実施例1の磁気ディスク装置の構成を示す図である。

【図2】本発明に係る実施例1の磁気ディスク装置における位置決め制御系のブロック線図である。

【図3】(a)は図2のブロック線図に含まれる外乱推定器14のブロック線図であり、(b)は(a)の外乱推定器14のブロック線図を簡単に表現したブロック線図である。

【図4】(a)は図2のブロック線図に含まれる補正器の動作を説明するブロック線図であり、(b)は(a)における位置外乱による変位の入力部のブロック線図である。

【図5】本発明に係る実施例1の磁気ディスク装置に加わる位置外乱に対し、 $F(s)=1$ としたときの周波数特性を示すグラフである。

【図6】本発明に係る実施例1の磁気ディスク装置に加わる位置外乱に対し、 $F(s)=1$ としたときの周波数特性を示すグラフである。

【図7】本発明に係る実施例2の磁気ディスク装置の構成を示す図である。

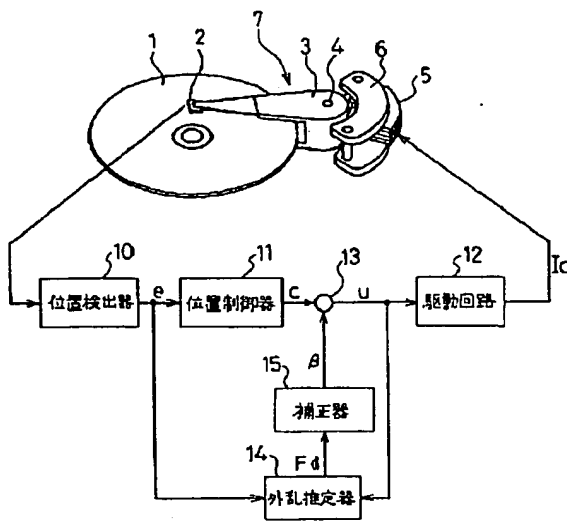
【図8】本発明に係る実施例2の磁気ディスク装置における位置決め制御系のブロック線図である。

【図9】従来の磁気ディスク装置におけるアクチュエータの駆動入力からヘッドの変位量の伝達特性の周波数特性を示すグラフである。

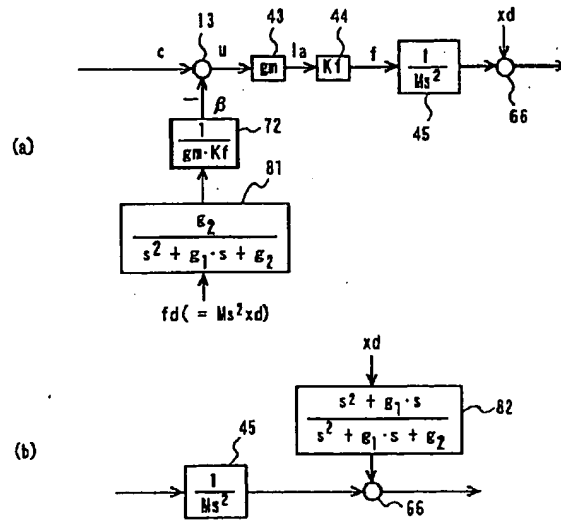
【符号の説明】

- 1 磁気ディスク
- 2 磁気ヘッド
- 4 軸受
- 7 アクチュエータ
- 10 位置検出器
- 11 位置制御器
- 12 駆動回路
- 14 外乱推定器
- 15 補正器

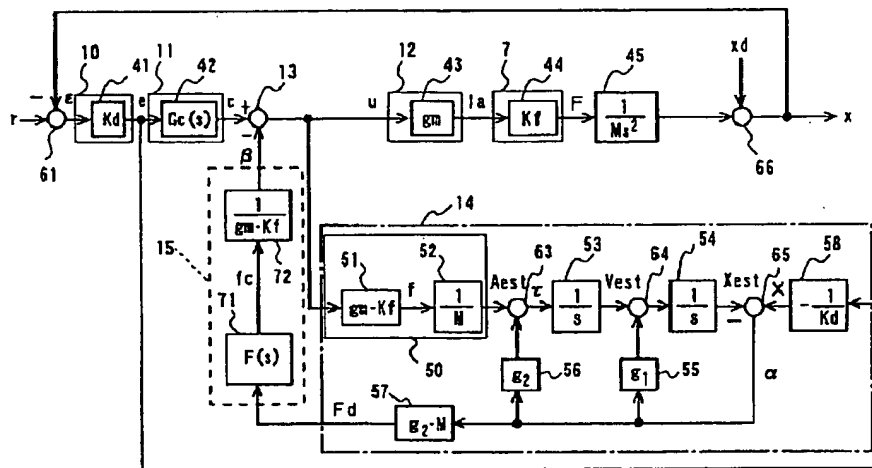
【図1】



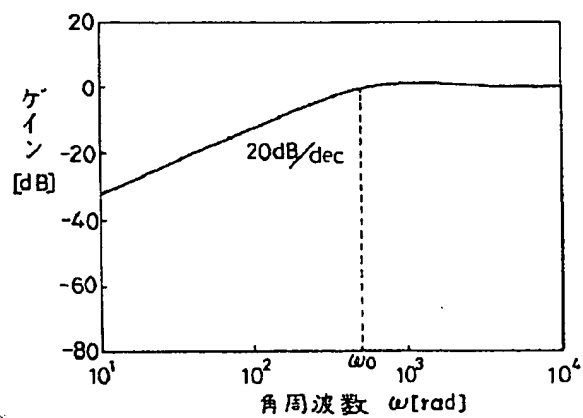
【図4】



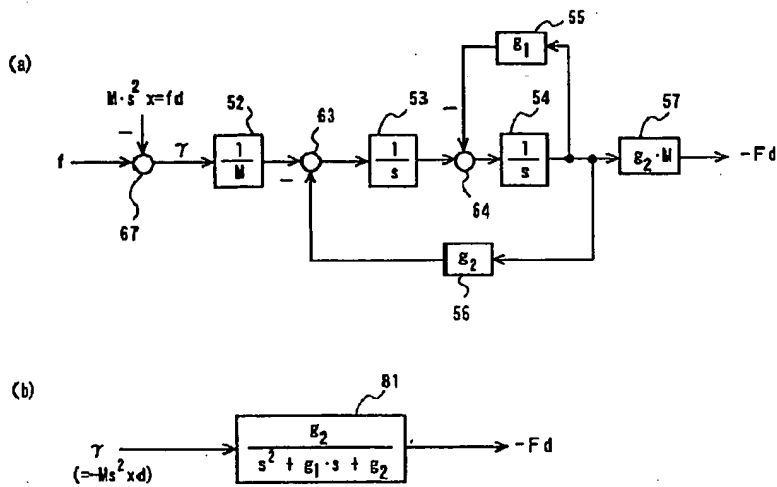
【図2】



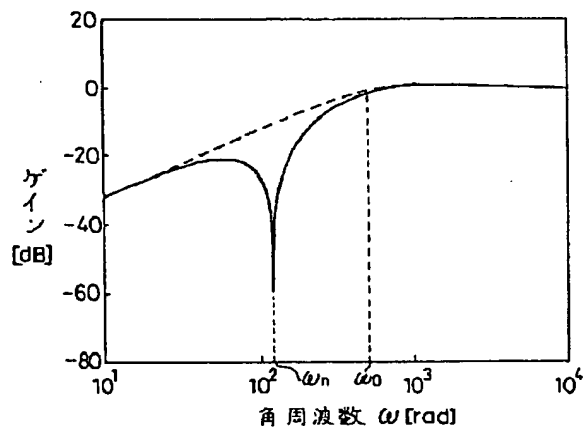
【図5】



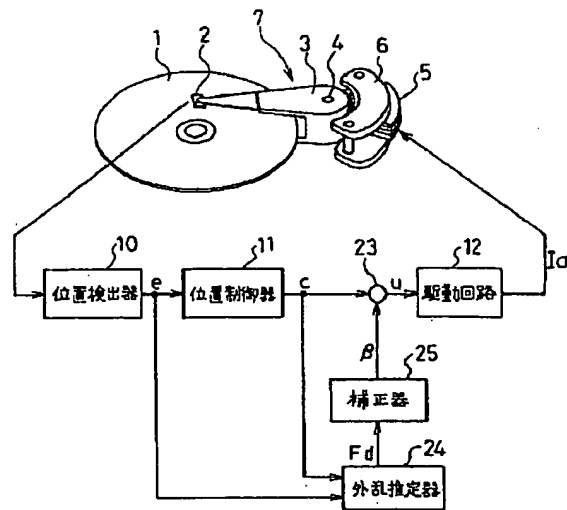
【図3】



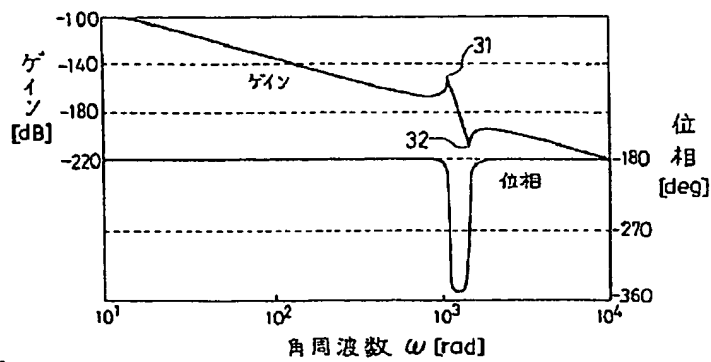
【図6】



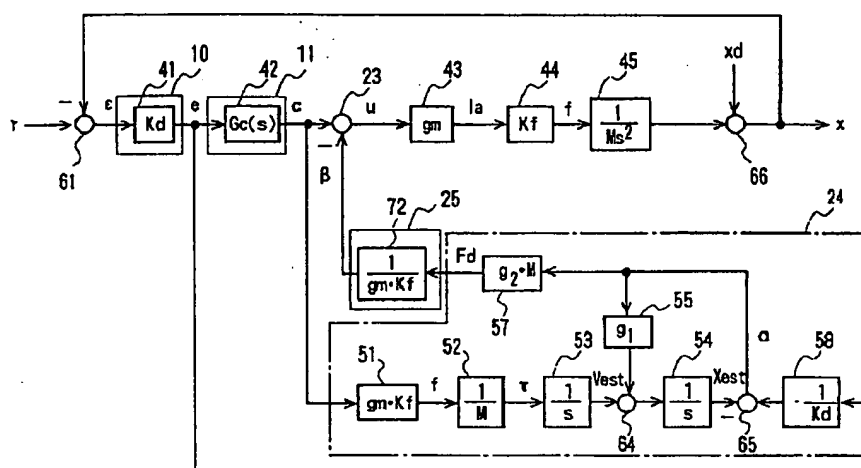
【図7】



【図9】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.